白藜芦醇和血根碱对2月龄以内犊牛生长性能、血清指标及腹泻状况的影响

张卫兵[1] 张 蓉[1] 毕研亮[1] 屠 焰[1] 杜汉昌[2] 田忠红[2] 刁其玉[1*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，奶牛营养学北京市重点实验室，北京 100081;2.山东农业生物免疫技术工程实验室，山东银香伟业集团有限公司，菏泽 274500）

摘 要：本试验旨在研究白藜芦醇（RES）和血根碱（SAG）对2月龄以内荷斯坦犊牛生长性能、血清指标及腹泻状况的影响。选用54头5日龄荷斯坦母犊牛，随机分成3个处理，每个处理18头。各处理分别饲喂代乳粉（MR）、MR+0.05 mg/kg BW SAG和MR+4 mg/kg BW RES。试验期55 d。在5、14、28、42和56日龄测定犊牛的体重和体尺，每天记录犊牛的腹泻情况。在60日龄采集血液，测定血清指标。结果显示：1）RES和SAG对犊牛总增重、干物质采食量没有显著影响(P＞0.05)，日龄对体重的影响显著(P<0.000 1)，但日龄与处理之间不存在交互作用(P=0.853 9)；2）体尺方面，RES和SAG处理胸围和十字部高增长均显著高于MR处理（P<0.005）;3）各处理腹泻率之间没有显著差异(P＞0.05)；4）RES处理血清生长激素(GH)、表皮生长因子（EGF）和类胰岛素样生长因子-Ⅰ（IGF-Ⅰ）浓度显著高于其余2个处理（P＜0.05)；5）SAG处理血清丙二醛浓度显著高于其余2个处理(P＜0.05)。综上所述，代乳品中添加RES或SAG有提高2月龄以内犊牛体尺的作用；代乳品中添加RES能够显著增加犊牛血清GH、EGF和IGF-Ⅰ浓度；RES和SAG有作为犊牛生长促进剂的潜质。

关键词：犊牛；植物提取物；白藜芦醇；血根碱；犊牛培育中图分类号:S823

犊牛饲养是牛场中最重要的环节，犊牛培育的好坏对其今后生长发育影响巨大。因此为了改善犊牛的生长和健康，采取适当的营养措施非常重要[1]。常规做法是在动物饲粮中添加抗生素作为生长促进剂，但抗生素作为饲料添加剂在反刍动物饲粮中的应用将趋于尾声,并且不规范使用抗生素会带来许多风险，包括抗药性和抗生素残留[2-3]，已经引起了全社会的广泛关注[4]。世界卫生组织已经确定抗生素耐药性是世界范围内在人类和兽医领域日益严重

收稿日期：2017-11-22

基金项目：中国农业科学院科技创工程协同创新任务—“奶牛绿色养殖技术集成创新”（CAAS-XTCX2016011-01）；奶牛产业技术体系北京市创新团队营养岗位

作者简介：张卫兵（1981—），男，山东东明人，博士研究生，从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: yiebing_512@163.com

***通信作者：**刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

的公共卫生问题[4-5]。因此，自 2006 年 1 月起，欧盟禁止使用（《欧盟公告 1831/2003/CEE》，欧盟委员会）。2016 年 7 月，我国农业部发布了一项公告，从 2017 年 4 月起禁止使用硫酸黏杆菌素作为动物生长促进剂《中华人民共和国农业部公告第 2428 号》。在畜牧业生产中，需要寻找经济有效的生长促进剂，既能有利于动物生长性能提高，同时也能消除公众广泛关注的对健康问题影响的疑虑[1]。近年来，植物提取物作为动物生长促进剂成为研究热点,研究表明，单宁、皂甙以及一些中草药提取物对羊或牛的瘤胃发酵、营养物质消化率和生长性能存在有利影响[6-14]。

白藜芦醇（resveratrol,RES）是一种非黄酮类多酚物质，也是一种天然的植物抗毒素，广泛存在于葡萄（葡萄皮、葡萄籽中含量较高）、花生及中药虎杖等植物中[15]。RES 及其衍生物具有许多生物活性和药理作用，包括抗氧化活性，神经保护活性，心脏保护能力[16]。血根碱（sanguinarine,SAG），分子式 $C_{20}H_{15}O_5N$，是一种苯菲啶异喹啉类生物碱，主要存在于博落回、白屈菜、血水草以及紫堇中，具有抗菌、抗氧化以及抗炎症作用，也用来控制血吸虫，此外还具有抗肿瘤特性[17]。

RES 和 SAG 作为饲料添加剂在单胃动物和鱼类上进行了一些研究[18-22]，但在反刍动物上进行的研究很少[12-14]，尤其是在幼龄反刍动物上。因此，本试验研究了 RES 和 SAG 对 2 月龄以内荷斯坦犊牛生长性能、血清指标及腹泻状况的影响，为 RES 和 SAG 在犊牛生产中应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2015 年 9-11 月在在山东省菏泽市曹县银香伟业第二牧场进行。平均气温和相对湿度分别为 5～30 ℃和 30%～60%。

1.2 试验饲粮与试验设计

代乳粉（milk replacer,MR），专利编号 ZL 02128844.5，北京精准动物营养研究中心提供。

SAG，纯度＞99%；RES，纯度＞98%。二者均购自湖南美可达生物资源有限公司。

选用饲喂合格初乳后 54 头具有相似遗传背景、体重接近、健康的 5 日龄中国荷斯坦母犊牛，先在犊牛岛内饲养，每个犊牛岛（1.2 m×2.0 m，垫料为锯末）饲养 1 头犊牛。按照体重和日龄一致原则，采用单因素随机设计，将犊牛随机分为 3 个处理，每个处理 18 头。各

处理分别饲喂 MR（对照）、MR+0.05 mg/kg BW SAG 和 MR+4 mg/kg BW RES。随着犊牛体重增加，SAG 和 RES 添加量每 2 周调整 1 次。

Vieira 等[18]对博落回提取物(主要有效成分为 SAG，SAG 含量≥1.5%)在肉鸡饲粮中的使用剂量范围为 0.010~0.045 mg/kg BW，并且在 0.035 mg/kg BW 的时饲料转化率和增重最好。此外在饶华等[23]在 8~25 kg 的仔猪上博落回提取物添加量为 0.021~0.023 mg/kg BW，本试验考虑到犊牛可能有部分的 MR 液体进瘤胃，选择 SAG 的添加量为 0.05 mg/kg BW。RES 的添加量来自本实验室的在绵羊上的推荐量。

1.3 饲养管理

试验开始前，用强力消毒灵溶液对整个圈舍进行全面的喷雾消毒，之后每周对所有栏位重复消毒 1 次，每隔 2 周用 10%生石灰溶液消毒牛舍。

MR 中不添加抗生素等生长促进剂或抗球虫药物。各处理犊牛 5~11 日龄为 MR 过渡期，过渡期内饲喂 MR 与牛奶的比例逐渐由 1:3 增加到 3:1；至犊牛 12 日龄只饲喂 MR。MR 用煮沸后冷却到 40~50 ℃的热水按干物质（DM）占 12.5%的比例冲泡，使之成为乳液饲喂犊牛，每日分 2 次饲喂(08: 00、17: 00)。饲喂结束 30 min 后自由饮水。日饲喂量为犊牛体重的 12%，并随犊牛体重增长及时调整。SAG 和 RES 添加到 MR 液体中，饲喂犊牛。

14 日龄，所有犊牛都离开犊牛岛，每个处理犊牛随机分配到 3 个牛圈，每圈 6 头，每头犊牛占地约 4 m^2。同时给所有犊牛提供同一种开食料（开食料中不添加 SAG 和 RES）和清洁饮水，随意采食。犊牛在 60 日龄断奶。开食料组成、MR 和开食料营养水平见表 1。

表 1 开食料组成、MR 和开食料营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition of the starter, and nutrient levels of the MR and starter(DM basis) %

项目 Items	代乳粉 MR	开食料 Starter
原料 Ingredients		
玉米 Corn		55.65
豆粕 Soybean meal		26.20
膨化大豆 Extruded soybean		7.00
麸皮 Wheat bran		3.90
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS		3.00
石粉 Limestone		2.25
磷酸氢钙 $CaHPO_4$		0.60
食盐 NaCl		0.40

预混料 Premix1)		1.00
合计 Total		100.00
营养水平 Nutrient levels2)		
干物质 DM	94.68	87.94
粗蛋白质 CP	22.93	20.00
粗脂肪 EE	16.02	3.86
总能 GE/(MJ/kg)	19.96	16.73
中性洗涤纤维 NDF	5.07	9.79
酸性洗涤纤维 ADF	1.52	3.77
粗灰分 Ash	4.30	6.94
钙 Ca	0.90	1.00
磷 P	0.49	0.45

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets:Cu (as copper sulfate) 12.5 mg,Fe (as ferrous sulfate) 90 mg,Zn (as zinc sulfate) 100 mg,Mn (as manganese sulfate) 130 mg,I (as potassium iodide) 1.5 mg,Se (as sodium selenite) 0.3 mg,Co (as cobalt chloride) 0.5 mg,VA 15 000 IU,VD_3 5 000 IU,VE 50 mg。

2) 营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.4 样品采集

1.4.1 饲料样品采集

每天进行 MR 和开食料的样品采集，试验期内的样品混匀后储存在自封袋里，-20 ℃保存。每天早上饲喂之前收集各处理试牛前 1 天的剩料，称重，再从中采样并于-20 ℃保存待测。

1.4.2 血液样品的采集

犊牛 60 日龄时采集血液样品。在早晨第 1 次饲喂前，由颈静脉抽血约 10 mL，倾斜放置至析出血清后，1509.3×g 离心 10 min，收集血清于试管中，-20 ℃保存，待测。

1.4.3 腹泻率

试验期间每天观察并及时记录试验犊牛的腹泻情况，试验结束时计算腹泻率。腹泻率按如下公式计算:

腹泻率(%)=[(腹泻头数×腹泻天数)/(动物头数×试验天数)]×100。

1.4.4 生长性能指标

5、14、28、56 日龄在晨饲前称重。5、28、56 日龄测量体高、胸围、体长、十字部高和十字部宽。

1.5　样品分析测定

MR 和开食料中营养水平的测定方法：总能(GE)使用氧弹量热仪(C200,IKA Works Inc.,德国)测定；DM 含量参照 AOAC，1990;930.15 中的方法测定，在烘箱中于 105 ℃下干燥 6 h；粗蛋白质（CP）含量使用凯氏定氮法（AOAC,1990;920.87）测定；粗脂肪（EE）含量使用索氏提取法（AOAC,1990;920.85）测定；粗灰分含量参照 AOAC,1990; 924.05 中的方法测定，在 600 ℃的马福炉中完全燃烧 6 h；钙（Ca）使用 Perkin-Elmer M9W-700 原子吸收分光光度计测定，方法参照 AOAC,1990;968.08;磷（P）含量通过钼钒酸盐比色法（AOAC,1990;965.17）测定；中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量参考张丽英[24]的方法测定。

血清指标包括：血清生化指标、血清激素指标和血清免疫指标。游离脂肪酸（FFA）、免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 M（IgM）浓度，超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、过氧化氢酶（CAT）活性，总抗氧化力（T-AOC）、丙二醛（MDA）浓度，均采用全自动生化分析仪(日立 7160，日本)分析，试剂盒购自北京华英生物技术研究所。尿素氮（UN）浓度用全自动生化分析仪(日立 7160，日本)分析，试剂盒购自中生北控股份有限公司。胰岛素（INS）、去甲肾上腺素（NE）浓度用全自动放免计数仪（r-911）测定，试剂盒购自北京华英生物技术研究所。皮质醇（COR）、白介素-1β（IL-1β）、肿瘤坏死因子α（TNFα）、γ干扰素（γ-IFN）、生长激素（GH）、类胰岛素样生长因子-Ⅰ（IGF-Ⅰ）、表皮生长因子（EGF）浓度用全自动酶标仪（STAT FAX 2100，美国）检测，试剂盒购自北京华英生物技术研究所。

1.6　数据统计及分析

用 Excel 2013 对原始数据进行初步整理，然后采用 SAS 9.4 统计软件 GLM 模型对各处理 ADG、腹泻率、血清指标数据进行处理，用 Mixed 模型对其他数据进行分析，以 $P<0.05$ 作为差异显著的判断标准。

2　结　果

2.1　RES 和 SAG 对犊牛生长性能以及腹泻状况的影响

RES 和 SAG 对犊牛生长性能影响结果见表 2。犊牛饲粮由 MR 和开食料组成，可以看出，与 MR 处理相比，RES 和 SAG 处理总增重分别提高了 1.44、1.85 kg，但各处理间差异

不显著(*P*＞0.05)。各处理 DMI 差异不显著(*P*＞0.05)。体重随着日龄增加而增加，日龄的影响显著(*P*<0.000 1)，但是日龄与处理之间不存在交互作用(*P*=0.853 9)。

在体尺方面，体长在 5 日龄时 SAG 处理显著高于其余 2 个处理(*P*<0.05)，但是随着日龄增长，差异消失(*P*＞0.05)，到 56 日龄 3 个处理之间无显著差异(*P*＞0.05)。体高和十字部宽在处理间没有显著差异，并且日龄与处理之间不存在交互作用(*P*=0.152 5，*P*=0.405 4)。5 日龄时 MR 处理犊牛胸围显著高于 SAG 处理(*P*<0.05)，但到 56 日龄时 SAG 处理显著高于 MR 处理(*P*<0.05)。5 日龄时，MR 处理犊牛十字部高显著高于 RES 处理(*P*<0.05)，但是随着日龄增加，各处理之间差异消失(*P*＞0.05)。胸围和十字部高增长方面，RES 和 SAG 处理均显著高于 MR 处理（*P*<0.005）。

RES 和 SAG 对犊牛腹泻状况的影响见表 3。3 个处理腹泻率之间没有显著差异(*P*＞0.05)，但是各处理均显示出随着日龄增加而降低的趋势。此外，从数值上看，与 MR 处理相比，饲粮添加 SAG 使腹泻率降低了 1.42 个百分点。

表 2　RES 和 SAG 对犊牛生长性能的影响

Table 2　Effects of the RES and SAG on growth performance of calves

项目 Item	日龄 Days of age	处理 Treatments			SEM	*P* 值 *P*-value		
		MR	RES	SAG		处理 Treatment	日龄 Days ofage	处理×日龄 Treatment×days of age
体重 Body weight/kg	5	42.00	42.17	42.50	1.343	0.792 6	<0.000 1	0.853 9
	14	45.61	46.11	45.78	1.343	0.792 6		
	28	49.83	51.03	50.31	1.343	0.530 2		
	42	57.06	59.06	58.83	1.343	0.290 5		
	56	66.94	68.64	69.07	1.343	0.4090		
	总增重 Total weight gain	25.03	26.47	26.88	1.272	0.692 9		
体长 Body length/cm	5	72.28^{b}	73.25^{b}	75.17^{a}	0.682	0.003 5	<0.000 1	0.077 5
	28	80.38	80.57	80.73	0.698	0.726 8		
	56	87.47	88.00	87.54	0.698	0.595 8		
	增长 Increase	15.15^{a}	14.56^{ab}	12.29^{b}	0.519	0.075 0		
体高 Body height/cm	5	76.75	77.19	76.92	0.455	0.496 9	<0.000 1	0.152 5
	28	80.45	79.78	80.33	0.462	0.309 5		
	56	82.69	83.50	83.18	0.455	0.223 1		
	增长 Increase	5.80	6.31	6.26	0.419	0.741 5		
胸围 Heart girth/cm	5	82.74^{a}	81.08^{ab}	79.75^{b}	0.759	0.008 0	<0.000 1	0.000 1
	28	87.33	87.22	86.89	0.759	0.679 8		
	56	94.00^{b}	95.72^{ab}	96.35^{a}	0.759	0.036 1		
	增长 Increase	10.97^{b}	14.40^{a}	17.00^{a}	0.840	<0.000 1		
十字部高 Hip	5	82.06^{a}	80.49^{b}	80.79^{ab}	0.535	0.041 3	<0.000 1	0.000 9

height/cm	28	83.99	83.83	83.69	0.535	0.712 5		
	56	87.27	88.77	88.40	0.544	0.001 8		
	增长 Increase	5.23[b]	8.33[a]	7.64[a]	0.420	0.976 9		
十字部宽 Hip width/cm	5	19.42	19.03	18.94	0.199	0.096 9		
	28	21.64	21.06	21.50	0.199	0.051 0	<0.000 1	0.405 4
	56	23.68	23.31	23.62	0.199	0.197 0		
	增长 Increase	4.26	4.28	4.71	0.215	0.333 9		
干物质采食量 DMI/(g/d)		1 088.03	1 154.55	1 099.56	40.00	0.058 7		

同行无字母或数据肩标相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

表 3　RES 和 SAG 对犊牛腹泻率的影响

Table 3　Effects of RES and SAG on diarrhea rate of calves　　%

项目 Items	处理 Treatments MR	RES	SAG	SEM	P 值 P-Value
5～14 日龄 5 to 14 days of age	15.43	17.28	11.11	0.033	0.289 4
15～28 日龄 15 to 28 days of age	9.52	7.14	7.54	0.024	0.698 3
29～42 日龄 29 to 42 days of age	6.75	5.16	6.75	0.026	0.854 1
43～56 日龄 43 to 56 days of age	8.33	9.13	7.94	0.030	0.956 9
5～56 日龄 5 to 56 days of age	9.48	8.93	8.06	0.015	0.769 6

2.2　RES 和 SAG 对犊牛血清指标的影响

RES 和 SAG 对犊牛血清指标的影响见表 4 和表 5。血清生化指标中，添加 RES 和 SAG，犊牛血清 FFA 浓度显著低 MR 处理(P<0.05)。RES 处理犊牛血清 GH、EGF 和 IGF-Ⅰ浓度显著高于其余 2 个处理（P<0.05）。血清免疫指标中，RES 处理血清 IgA 浓度显著低于 MR 处理(P<0.05)。血清抗氧化指标中，SAG 处理血清 MDA 浓度显著高于其余 2 个处理(P<0.05)。其余血清指标没有显著差异(P>0.05)。

表 4　RES 和 SAG 对犊牛血清营养物质代谢以及内分泌指标的影响

Table 4　Effect of RES and SAG on nutritional metabolism and endocrine indexes in serum of calves

项目 Items	处理 Treatments MR	SAG	RES	SEM	P 值 P-value
尿素氮 UN/(mmol/L)	6.41	7.50	4.56	0.638	0.227 0
游离脂肪酸 FFA/(mmol/L)	0.44[a]	0.38[b]	0.36[b]	0.012	0.002 4
皮质醇 COR/(ng/mL)	16.55	19.52	16.23	0.833	0.380 4

胰岛素 INS/(μIU/mL)	15.29^{a}	10.12^{b}	8.61^{b}	1.098	0.002 1
去甲肾上腺素 NE/(pg/mL)	398.74	370.6	430.1	28.184	0.349 6
生长激素 GH/(ng/mL)	3.94^{b}	3.95^{b}	4.55^{a}	0.091	0.000 7
表皮生长因子 EGF/(ng/mL)	0.81^{b}	0.64^{c}	0.88^{a}	0.020	0.000 1
类胰岛素样生长因子-Ⅰ IGF-Ⅰ/(ng/mL)	167.44^{b}	168.57^{b}	213.37^{a}	6.004	0.000 1

表 5 RES 和 SAG 对犊牛血清免疫和抗氧化指标的影响

Table 5 Effect of RES and SAG on immunity and antioxidant indexes in serum of calves

项目 Items	处理 Treatments			SEM	*P* 值 *P*-value
	MR	SAG	RES		
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	0.71^{a}	0.65^{ab}	0.63^{b}	0.011	0.036 8
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	10.12	9.72	10.04	0.170	0.626 1
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	2.43	2.32	2.53	0.071	0.152 6
肿瘤坏死因子α TNFα/(pg/mL)	54.8	51.56	57.9	1.394	0.094 3
γ干扰素 γ-IFN/(pg/mL)	34.02	33.64	35.42	0.338	0.357 6
白介素-1β IL-1β/(pg/mL)	20.77	20.06	21.17	0.161	0.383 3
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mL)	49.32	48.26	50.59	1.104	0.646 9
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（U/mL)	1136.47	1123.97	1166.73	47.107	0.869 1
总抗氧化力 T-AOC/（U/mL)	10.85	10.86	10.78	0.238	0.990 3
过氧化氢酶 CAT/（U/mL)	42.68	42.03	43.55	0.363	0.102 1
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	37.61^{b}	44.87^{a}	35.06^{b}	1.150	0.003 2

3 讨 论

3.1 RES 和 SAG 对犊牛生长性能以及健康状况的影响

56 日龄试验结束时，RES 和 SAG 使总增重提高了 1 kg 以上，但是各处理间差异没有达到显著差异水平。这与杨春涛[25]在饲粮中添加桑叶黄酮，对犊牛在 56 日龄断奶时 ADG 影响不显著的结论一致。此外，添加 RES 对犊牛的 DMI 无显著影响，这与 Sahin 等[19]观察到添加 RES 后鹌鹑 DMI 无显著变化的结果一致。研究显示，添加 SAG 显著增加了鸡 ADG，提高了饲料利用效率[18,21]，但不影响 DMI[18]，这与本试验结果一致。添加 RES 或 SAG 不影响犊牛 DMI，说明这 2 种提取物对饲粮的适口性没有影响。此外，饲粮中添加 SAG 或其类似物，显著提高断奶仔猪[22]和鲤鱼[20]的生长性能，尤其是显著提高断奶仔猪的体重 ADG，这与本试验结果不一致。一般在应激条件下，畜禽生长性能会降低，但是有研究证实在热应激条件下，添加 SAG 或者类似物能够提高绵羊的生长性能[14]。尽管在 3 个处理中总增重和各日龄体重没有显著差异，SAG 处理犊牛 56 日龄的胸围显著高于 MR 处理，此外，胸围和十字部高增长方面，RES 和 SAG 处理犊牛均显著高于 MR 处理。这个结果可能是由于添加

SAG 提高了小肠中非氨氮的供应量，进而在瘤胃中饲料蛋白质降解减少以及微生物蛋白质合成增加。即使 SAG 在体内对瘤胃微生物的影响没有评估，肽降解和氨基酸脱氨基的减少可归因于 SAG 的选择性抗微生物作用[26]。SAG 可能通过抑制芳香族氨基酸脱羧酶影响高产氨细菌。而微生物蛋白质合成的增加可能是添加 SAG 后降低或从瘤胃中去除原生动物的反映[14]。最终使得更多的营养物质用于四肢骨骼发育，这也为奶牛成年后具有优秀性能奠定了一定的基础。

腹泻是哺乳期犊牛常发疾病之一，多见于 3 周龄内的犊牛，是影响犊牛生长发育的一个重要因素[27]。本试验结果表明，随着犊牛日龄增加，腹泻率有降低的趋势，这与董晓丽[28]和杨春涛[25]的研究结果一致。随着日龄增加，动物消化器官和免疫机能逐渐发育成熟，腹泻率降低[29]。饲粮中添加 SAG 和 RES 虽说没有显著降低犊牛的腹泻率，但是也有降低的趋势。报道显示，一些植物提取物对有害化合物（如霉菌毒素）有抗性[30]。因此，植物提取物可能有助于改善消化过程，最终使动物表现出较高的生长性能，尤其是在生命的早期阶段[31]。此外，植物提取物可通过增强内源性酶分泌，改善肠道环境和微生物群落平衡以及增强肝脏功能，来更好地利用脂肪和蛋白质来影响动物健康[1]。SAG 具有抗菌和抗炎作用，它可有效缓解断奶仔猪断奶应激，保障肠道健康，降低仔猪腹泻率发生[32]。

3.2 RES 和 SAG 对血清指标的影响

动物主要的血清学指标有助于评价机体的物质代谢及相关器官的健康状况，为预防和治疗动物疾病起指导作用[33]。RES 和 SAG 对犊牛血清学指标影响还没进行广泛的研究，但是在本试验条件下对犊牛血清指标是有影响的。血清 UN 是动物机体内蛋白质代谢的一种产物，可用作蛋白质代谢和动物膳食氨基酸平衡的的一个重要指标[34]。本试验中，犊牛饲粮中添加 RES 和 SAG 对血清 UN 的浓度没有显著影响，这与 Vakili 等[35]的研究结果一致。也有研究表明，饲粮中添加植物精油引会起动物血清 UN 浓度的显著变化[36-37]。本试验出现的这种结果可能是因为处理间动物摄入的蛋白质水平没有差异造成的。

血清 FFA 是动物机体中重要的能量物质，其代谢可以敏感地反映脂质代谢，其浓度变化反映身体的营养状况和身体活动[38]。在本试验中，添加 SAG 和 RES 后显著降低血清 FFA 浓度。这与 Rivera 等[39]的结论一致，该研究在肥胖 Zucker 大鼠上发现，添加 RES 导致血清 FFA 浓度显著降低。另一研究表明，在 1 岁龄阉牛饲粮中添加肉桂醛，与对照组相比，肉桂

醛处理显著降低血清 FFA 浓度。经推测添加肉桂醛后，尽管没有带来 ADG 的差异，但是有利于阉牛的机体能量平衡；对血清 FFA 的影响归因于添加肉桂醛可能是通过增加 DMI 为动物提供了更多能量[40]。

INS 是控制动物机体营养代谢的最重要的激素之一[41]。血液中 FFA 和酮体浓度显著增加，刺激 β 细胞释放 INS，这可能是以防止脂肪过度动员的反馈机制。在一项对反刍动物脂质代谢的研究中，对成熟萨福克母羊灌注 INS，发挥了脂质生成作用[42]。另一项研究表明，INS 通过降低腺苷酸环化酶和激素敏感性脂肪酶的活性来抑制糖异生和减弱脂肪细胞脂肪分解的功能[43]。上述反应导致血清葡萄糖和非酯化脂肪酸浓度降低[44]。此外，另一关于 RES 对正常、高 INS 血症和糖尿病大鼠血清 INS 的影响的研究发现，结果取决于试验条件[45]。给正常大鼠按照每千克体重 50 mg RES 的剂量灌胃，30 min 后减少血液 INS 浓度[46]，这与本次试验的结果一致。然而，长期使用 RES 对正常大鼠血浆 INS 的影响可以忽略不计[45]，与本试验结果不同，这可能与试验动物不同有关。

GH 是垂体前叶分泌的蛋白质，具有促进生长的作用[47]。本试验结果显示，处理对总增重无显著性影响，然而，从数值上看，与 MR 处理相比，RES 和 SAG 处理的犊牛总增重要高。IGF-Ⅰ是一类多功能的细胞增殖调控因子，作为 GH 产生生理作用过程中必需的一种活性蛋白质多肽物质[48]。本试验结果发现，RES 处理血清 GH、EGF 和 IGF-Ⅰ浓度显著高于其余 2 个处理。这可能是因为白藜芦醇是有效的植物雌激素[49]，通过上调 EGF 及其受体，激活磷酸化细胞外调节激酶信号转导级联反应，促进胃肠道上皮细胞的增殖与分化，修复受损的黏膜，具有提高营养物质消化吸收作用[50]。

通过腹泻率可以直接观察到犊牛健康状况，而血清免疫球蛋白作为一种隐性指标可以从机体内部评价动物免疫能力，两者合理结合有助于全面分析试验结果[25]。研究表明，健康犊牛血清中免疫球蛋白浓度明显高于腹泻犊牛[51]。本试验结果表明，MR 处理犊牛血清 IgA 浓度显著高于 RES 处理，这也可能是 MR 处理犊牛的腹泻率和总增重和另外 2 个处理没有显著差异的原因。本试验结果发现，添加 RES 和 SAG 对犊牛的免疫指标没有明显影响。

近年来，对动物生长性能与血液抗氧化指标之间的联系研究很多，认为血清 SOD 或 GSH 活性及 MDA 浓度分别是评价动物抗氧化状态的正负指标[11]。MDA 作为脂质过氧化物的代谢产物，主要由于细胞膜上多不饱和脂肪酸受自由基攻击产生，其浓度间接反映了细胞膜受

损伤的程度。从本试验结果可以看出，SAG 处理血清 MDA 浓度显著高于其余 2 个处理，这与 Lee 等[21]在肉鸡上添加 SAG 降低肉鸡腿肌中的 MDA 浓度的结论不一致。这可能是由于动物品种和添加量不一致造成的。与 Sahin 等[19]在鹌鹑基础饲粮中添加 400 mg/kg RES 时，显著降低鹌鹑血清中 MDA 的浓度的结论不一致。此外，这也表明 RES 的抗氧化性能要优于 SAG。

4 结　论

①RES 和 SAG 能够显著增加犊牛的胸围和十字部高，有促进犊牛采食的趋势。

②RES 和 SAG 对犊牛血清主要免疫指标和抗氧化酶活性的影响不显著。

③RES 有增加犊牛血清 GH、EGF、IGF-Ⅰ浓度的作用。

④RES 和 SAG 有作为生长促进剂的潜质。

参考文献：

[1] SEIFZADEH S,AGHJEHGHESHLAGH F M,ABDIBENEMAR H,et al.The effects of a medical plant mix and probiotic on performance and health status of suckling Holstein calves[J].Italian Journal of Animal Science,2017,16(1):44–51.

[2] DARWISH W S,ELDALY E A,EL-ABBASY M T,et al.Antibiotic residues in food:the African scenario[J].The Japanese Journal of Veterinary Research,2013,61 Suppl:S13–S22.

[3] HAO R Z,ZHAO R T,QIU S F,et al.Antibiotics crisis in China[J].Science,2015,348(6239):1100–1101.

[4] VAN BOECKEL T P,GLENNON E E,CHEN D,et al.Reducing antimicrobial use in food animals[J].Science,2017,357(6358):1350–1352.

[5] ADEL M,AMIRI A A,ZORRIEHZAHRA J,et al.Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance,chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*)[J].Fish & Shellfish Immunology,2015,45(2):841–847.

[6] LILA Z A,MOHAMMED N,KANDA S,et al.Effect of sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production *in vitro*[J].Journal of Dairy Science,2003,86(10):3330–3336.

[7] BUSQUET M,CALSAMIGLIA S,FERRE A,et al.Plant extracts affect *in vitro* rumen microbial fermentation[J].Journal of Dairy Science,2006,89(2):761–771.

[8] BEAUCHEMIN K A,MCGINN S M,MARTINEZ T F,et al.Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle[J].Journal of Animal Science,2007,85(8):1990–1996.

[9] BENCHAAR C,DUYNISVELD J L,CHARMLEY E.Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake,digestion and growth performance of beef cattle[J].Canadian Journal of Animal Science,2006,86(1):91–96.

[10] BENCHAAR C,MCALLISTER T A,CHOUINARD P Y.Digestion,ruminal fermentation,ciliate protozoal populations,and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde,quebracho condensed tannin,or *Yucca schidigera* saponin extracts[J].Journal of Dairy Science,2008,91(12):4765–4777.

[11] QIAO G H,SHAO T,YANG X,et al.Effects of supplemental Chinese herbs on growth performance,blood antioxidant function and immunity status in Holstein dairy heifers fed high fibre diet[J].Italian Journal of Animal Science,2013,12(1):e20.

[12] MA T,CHEN D D,TU Y,et al.Effect of dietary supplementation with resveratrol on nutrient digestibility,methanogenesis and ruminal microbial flora in sheep[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2015,99(4):676–683.

[13] AGUILAR-HERNÁNDEZ J A,URÍAS-ESTRADA J D,LÓPEZ-SOTO M A,et al.Evaluation of isoquinoline alkaloid supplementation levels on ruminal fermentation,characteristics of digestion,and microbial protein synthesis in steers fed a high-energy diet[J].Journal of Animal Science,2016,94(1):267–274.

[14] ESTRADA-ANGULO A,AGUILAR-HERNÁNDEZ J A,OSUNA-PÉREZ M,et al. Influence of quaternary benzophenantridine and protopine alkaloids on growth performance,dietary energy,carcass traits,visceral mass,and rumen health in finishing ewes under conditions of severe temperature-humidity index[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2016,29(5):652–658.

[15] JANG M,CAI L N,UDEANI G O,et al.Cancer chemopreventive activity of resveratrol,a natural product derived from grapes[J].Science,1997,275(5297):218–220.

[16] 张卫兵,张蓉,屠焰,等.白藜芦醇对动物表观遗传学调控的作用机制[J].动物营养学报,2016,28(5):1302－1308.

[17] 伍勇.血根碱在大鼠、猪和鸡的体外代谢研究[D].博士学位论文.长沙:湖南农业大学,2013.

[18] VIEIRA S L,BERRES J,REIS R N,et al.Studies with sanguinarine like alkaloids as feed additive in broiler diets[J].Brazilian Journal of Poultry Science,2008,10(1):67–71.

[19] SAHIN K,AKDEMIR F,ORHAN C,et al.Effects of dietary resveratrol supplementation on egg production and antioxidant status[J].Poultry Science,2010,89(6):1190–1198.

[20] ABDELNABY E A,MOHAMED M F,GAMMAZ H A K.Pharmacological studies of feed additives (sanguinarine and *Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance,haematological and intestinal bacterial count with challenge test by *Aeromonas hydrophila* in *Cyprinus carpio*[J].Global Animal Science Journal,2013,1(1):1154–1172.

[21] LEE K W,KIM J S,OH S T,et al.Effects of Dietary sanguinarine on growth performance,relative organ weight,cecal microflora,serum cholesterol level and meat quality in broiler chickens[J].The Journal of Poultry Science,2015,52(1):15–22.

[22] KANTAS D,PAPATSIROS V G,TASSIS P D,et al.The effect of a natural feed additive (*Macleaya cordata*),containing sanguinarine,on the performance and health status of weaning pigs[J].Animal Science Journal,2015,86(1):92–98.

[23] 饶华,蔡鹏,周锡红,等.博落回提取物对断奶仔猪生长性能的影响[J].中国兽药杂志,2009,43(11):42–45.

[24] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[25] 杨春涛.热带假丝酵母与桑叶黄酮对犊牛生长和胃肠道发育的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2016.

[26] DRSATA J,ULRICHOVÁ J,WALTEROVÁ D.Sanguinarine and chelerythrine as inhibitors of aromatic amino acid decarboxylase[J].Journal of Enzyme Inhibition,1996,10(4):231–237.

[27] 张蓉,刁其玉.碳水化合物组成对犊牛生长性能及消化代谢的影响[J].塔里木大学学报,2008,28(3):14–20.

[28] 董晓丽.益生菌的筛选鉴定及其对断奶仔猪、犊牛生长和消化道微生物的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[29] TIMMERMAN H M,KONING C J M,MULDER L,et al.Monostrain,multistrain and multispecies probiotics-a comparison of functionality and efficacy[J].International Journal of Food Microbiology,2004,96(3):219–233.

[30] LEUNG A Y,FOSTER S.Encyclopedia of common natural ingredients used in food,drugs and cosmetics[M].2nd ed.New York:Wiley,1996:173–174.

[31] WILLIAMS P,LOSA R.The use of essential oils and their compounds in poultry nutrition[J].World Poultry,2001,17(4):14–15.

[32] 张卫兵,张蓉,屠焰,等.血根碱主要作用机制及其在动物营养上的应用效果[J].动物营养学报,2016,29(1):27–33.

[33] PICCIONE G,CASELLA S,LUTRI L,et a1.Reference values for some haematological,haematochemical,and electrophoretic parameters in the Girgentana goat[J].Turkish Journal of Veterinary and Animal Science,2010,34(2):197–204.

[34] STANLEY C C,WILLIAMS C C,JENNY B F,et al.Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2335–2343.

[35] VAKILI A R,KHORRAMI B,MESGARAN M D,et al.The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance,rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2013,26(7):935–944.

[36] TASSOUL M D,SHAVER R D.Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of periparturient and early lactation dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2009,92(4):1734–1740.

[37] ÖZDOĞAN M,ÖNENÇ S S,ÖNENÇ A.Fattening performance,blood parameters and

slaughter traits of Karya lambs consuming blend of essential oil compounds[J].African Journal of Biotechnology,2011,10(34):6663–6669.

[38] FRAYN K N.Non-esterified fatty acid metabolism and postprandial lipaemia[J].Atherosclerosis,1998,141(Suppl.1):S41–S46.

[39] RIVERA L,MORÓN R,ZARZUELO A,et al.Long-term resveratrol administration reduces metabolic disturbances and lowers blood pressure in obese Zucker rats[J].Biochemical Pharmacology,2009,77(6):1053–1063.

[40] YANG W Z,AMETAI B N,BENCHAAR C,et al.Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets:intake,growth performance,carcass characteristics,and blood metabolites[J].Journal of Animal Science,2010,88(3):1082–1092.

[41] FUKUMORI R,SUGINO T,SHINGU H,et al.Effects of fat-enriched diet and methionine on insulin sensitivity in lactating cows[J].Journal of Animal Science,2015,93(6):2778–2784.

[42] EL-SABAGH M,TANIGUCHI D,SUGINO T,et al.Insulin-independent actions of glucagon-like peptide-1 in wethers[J].Animal Science Journal,2015,86(4):385–391.

[43] LAFONTAN M.Inhibition of epinephrine-induced lipolysis in isolated white adipocytes of aging rabbits by increased alpha-adrenergic responsiveness[J].Journal of Lipid Research,1979,20(2):208–216.

[44] LIEN T F,HORNG Y M,YANG K H.Performance,serum characteristics,carcase traits and lipid metabolism of broilers as affected by supplement of chromium picolinate[J].British Poultry Science,1999,40(3):357–363.

[45] SZKUDELSKA K,SZKUDELSKI T.Resveratrol,obesity and diabetes[J].European Journal of Pharmacology,2010,635(1/2/3):1–8.

[46] SZKUDELSKI T.The insulin-suppressive effect of resveratrol-an *in vitro* and *in vivo* phenomenon[J].Life Science,2008,82(7/8):430–435.

[47] ETHERTON T D,BAUMAN D E.Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals[J].Physiological Reviews,1998,78(3):745–761.

[48] 王杰,崔凯,王世琴,等.饲粮蛋氨酸水平对湖羊公羔营养物质消化、胃肠道 pH 及血清指

标的影响[J].动物营养学报,2017,29(8):3004－3013.

[49] SERRERO G,LU R Q.Effect of resveratrol on the expression of autocrine growth modulators in human breast cancer cells[J].Antioxidants & Redox Signaling,2001,3(6):969–979.

[50] PENNER G B,STEELE M A,ASCHENBACH J R,et al.Ruminant nutrition symposium:molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets[J].Journal of Animal Science,2011,89(4):1108–1119.

[51] STOTT G H,FELLAH A.Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for Calves[J].Journal of Dairy Science,1983,66(6):1319–1328.

Effects of Resveratrol and Sanguinarine on Growth Performance, Serum Indexes and Diarrhea Status of Calves under 2 Months of Age

ZHANG Weibing[1] ZHANG Rong[1] BI Yanliang[1] TUYan[1] DU Hanchang[2] TIAN Zhonghong[2] DIAO Qiyu[1*]

(1. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Beijing Key Laboratory for Dairy Cow Nutrition, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081*, China*; 2. *Shandong Agricultural Biological Immune Technology Engineering Laboratory, Shandong Yinxiang Weiye Group Co., Ltd., Heze* 274500, *China*)

Abstract: This study investigated the effects of resveratrol (RES) and sanguinarine (SAG) on growth performance, serum indexes and diarrhea of Holstein calves under 2 months of age. Fifty-four female 5-day-old Holstein calves were randomly assigned to three treatments with 18 calves per treatment using a completely randomized design. Calves in different treatments were fed a milk replacer (MR), MR supplemented with 0.05 mg/kg BW SAG, and MR supplemented with 4 mg/kg BW RES, respectively. The trial lasted for 55 d. Body weight and body size of calves were measured at 5, 14, 28, 42 and 56 days of age. Diarrhea status of calves was recorded everyday. The blood was collected to determine serum indexes at 60 days of age. The results showed as follow: 1) RES and SAG had no significant effects on total weight gain and dry matter intake (DMI) (P>0.05), days of age had significant effects on body weight (P<0.000 1), but there was no interactions between days of age and treatment (P=0.853 9); 2) about body size, the

increases of heart girth and hip height of SAG and RES treatments were significantly higher than those of MR treatment ($P<0.05$); 3) there was no significant difference in diarrhea rate among treatments ($P>0.05$); 4) RES treatment had significantly higher serum growth hormone, epidermal growth factor and insulin-like growth factor Ⅰ concentrations compared with the other two treatments ($P<0.05$); 5) serum malondialdehyde concentration in SAG treatment was significantly higher than that in the other two treatments ($P<0.05$). In summary, the addition of RES or SAG in MR can increase body size of calves under 2 months of age; the addition of RES in MR can increase serum concentrations of GH, EGF and IGF-Ⅰ of calves; RES and SAG have potential as growth promoters for calves.

Key words: calf; plant extracts; resveratrol; sanguinarine; calf breeding

*Corresponding author, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn （责任编辑　王智航）